

전기자동차용 Ni-MH전지 개발 현황 및 전망

KIST 전지·연료전지 연구센터 조병원, 조원일, 윤경석
대우자동차 기술연구소 박성용
고려대학교 금속공학과 박호영
홍익대학교 화학공학과 이병호

1. 서론

니켈-금속수소화물전지(Ni-MH전지, MH는 metal hydride의 약자임)는 기존의 니켈-카드뮴(Ni-Cd)전지에 카드뮴 음극을 수소저장합금으로 대체한 전지이다.

최근, 전자기기들의 소형·경량화 추세에 따라서 이들 전자기기의 전원으로 사용되는 전지에도 고에너지밀도화, 소형경량화, 장수명화 등이 강하게 요구되고 있으나, 기존의 니켈-카드뮴전지나 납축전지의 성능향상은 거의 한계에 도달해 있으며, 환경오염이 사회 문제로 대두됨에 따라서 카드뮴과 같은 공해유발 물질의 사용이 규제되고 있다. 또한 자동차 배기가스에 의한 대기오염을 줄일 목적으로 무공해 자동차의 하나로 전기자동차의 개발이 활발히 진행되고 있는데, Ni-MH전지는 니켈-카드뮴전지에 비하여 에너지밀도가 크고 공해물질이 없어서 무공해 소형 고성능전지로 뿐만 아니라 전기자동차용 등의 무공해 대형 고성능전지로 개발이 가능한 새로운 2차전지로서 주목을 받고 있다.^{1~3)}

이러한 새로운 알칼리 2차전지로서 Ni-MH전지가 제안된 것은 1970년 경이지만 연구 개발이 활발하게 진행된 것은 1980년대 중반부터이다. Ni-MH전지의 고성능화를 위한 음극용 수소저장합금의 개발결과 현재 상용화되어 있는 합금들은 주로 일본에서 소형전지로 상용화된 LaNi_5 나 MmNi_5 (Mm:misch metal)를 기본으로 하는 AB_5 계 합금과, 미국의 OBC(Ovonic Battery Company)사에 의하여 개발된 C14 또는 C15 Laves상을 주로 하는 AB_2 계 합금으로 나눌 수 있다.

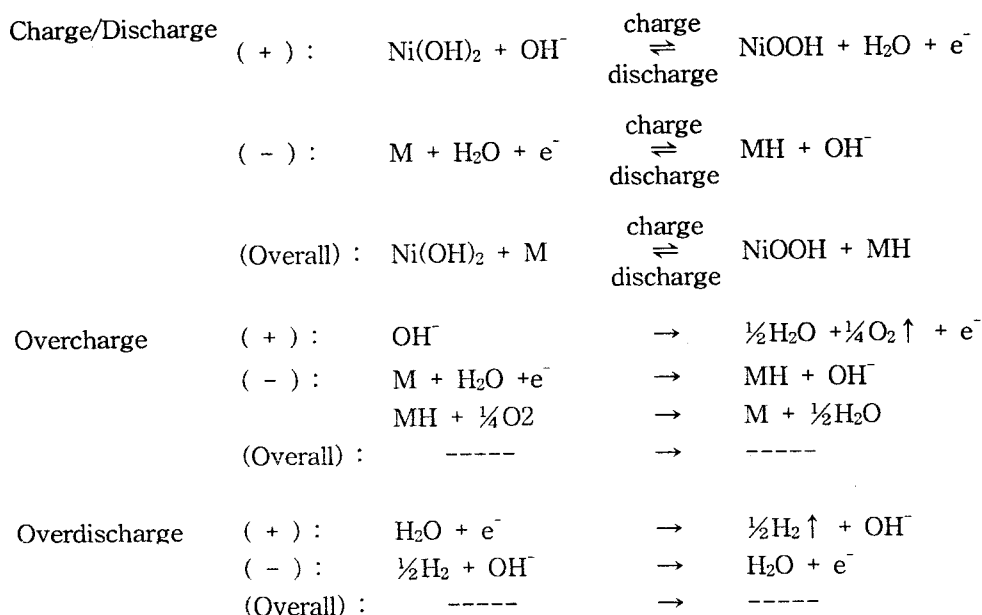
2. 이론적 배경

2-1 Ni-MH전지의 구성과 반응

Ni-MH전지는 기존의 Ni-Cd전지에서 Cd극을 수소저장합금으로 대체한 것으로서 음극에 수소저장합금(M), 양극에 수산화니켈(Ni(OH)₂/NiOOH)이 사용되며, 분리막으로는 Ni-Cd전지와 같은 내알칼리성의 나일론 부직포, 폴리프로필렌 부직포 및 폴리아미드 부직포 등이 사용되고 있다. 또한 전해액은 이온전도성이 최대로 되는 5~8 M KOH 수용액이 사용되고 있다.

전지의 충방전 반응을 살펴보면 충전시 음극에서는 물이 전기분해되어 생기는 수소가 음이 수소저장합금에 저장되는 환원반응이, 양극에서는 Ni(OH)₂가 NiOOH로 산화되는 반응이 일어난다. 방전시에는 역으로 음극에서는 수소화합물의 수소원자가 산화되어 물로 되고, 양극에서는 NiOOH가 Ni(OH)₂로 환원되는 반응이 일어난다. 니켈양극이 완전히 충전된 후에도 전류가 계속 흐르면, 즉 과충전이 되면, 양극에서는 산소가 발생된다. 그러나 음극의 용량이 양극보다 크면, 발생된 산소가 음극표면으로 확산되어 산소재결합반응이 일어나게 된다. 음극에서는 산소를 소비시키기 위하여 수소가 감소하게 되어 동일한 전기량이 충전되므로 전체적으로는 변화가 없다. 역으로 과방전이 되면, 양극에서는 수소가 생성되고 이 수소는 음극에서 산화되므로 전체적으로 전지내압은 상승하지 않는다. 이와 같이 Ni-MH전지는 원리적으로는 과충전과 방전시 전지내압이 증가하지 않고, 전해액의 농도가 변하지 않는 신뢰성이 높은 전지이다. 그러나 실제적으로는 충전 효율의 문제로 인하여 전지내압이 어느 정도 상승하게 된다.

양쪽 극에서 일어나는 충·방전 반응은 다음과 같다.



이러한 Ni-MH전지는 다음과 같은 장단점을 가지고 있다.

- 장점

- ① 전지전압이 1.2~1.3V로 Ni-Cd전지와 동일하여 호환성이 있다.
- ② 에너지밀도가 Ni-Cd전지의 1.5~2배이다.
- ③ 급속 충·방전이 가능하고 저온특성이 우수하다.
- ④ 밀폐화가 가능하여 과충전 및 과방전에 강하다.
- ⑤ 공해물질이 거의 없다.
- ⑥ 수지상(dendrite)성장에 기인하는 단락이나 기억효과가 없다.
- ⑦ 수소는 전도성의 고체전해질을 사용하면 고체형 전지로도 가능하다.
- ⑧ 충방전 사이클 수명이 길다.

- 단점

- ① Ni-Cd전지만큼 고율방전 특성이 좋지 못하다.
- ② 자기방전율이 크다.
- ③ memory effect가 약간 있다.

2-2. 전극용 수소저장합금의 특성

전극용 수소저장합금의 선택에 있어서 합금의 조성은 전지의 용량, 전지내압, 급속 충·방전 특성, 수명, 저온특성, 자기방전특성 등과 같은 전지의 성능을 결정할 수 있는 가장 큰 요인으로 작용하게 되는데, 합금의 선택에 있어서 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

1) 가역적인 수소저장능력

단순한 수소저장량이 아니라 적절한 수소결합력을 가져 가역적인 수소저장량이 커야 한다. 따라서 수소결합력의 척도인 수소화물 생성엔탈피가 보통 $8\sim 10 \text{ kcal/mole H}_2^{4)}$ 이거나 수소평형압력이 $10^{-3}\sim$ 수기압이어야 한다.

2) 내산화성

과충전시 양극에서 발생하는 산소가 음극표면에서 재결합하는 반응을 이용하여 과충전시 전지내압상승을 억제한다. 이러한 전지의 산화성 분위기에서 전극이 산화되면 전지성능의 저하를 초래한다. 즉, 전극의 충전효율이 저하되어 수소가스가 발생하게 되며, 전극의 촉매능력이나 가스 재결합능력이 감소한다. 또한, 방전시 과전압이 커져서 방전효율이 감소한다. 과도한 산화는 전체적인 전기전도도의 감소를 가져오게 되어 전극수명을 저하시킨다.

3) 알칼리 용액에서의 내식성

과도한 산화 또는 부식은 전해액의 소모를 가져와 전지성능저하 및 전지수명을 감소시키며, 부식반응에 의하여 생성되는 합금부식생성물은 양극을 피독시켜 양극의 산소발생과 전압을 감소시키므로 충전효율저하 및 양극의 자기방전율을 증대시킨다. 전해액에 용해되기 쉬운 부식생성물(예, VO_x)의 산화상태가 변할 때에는 redox shuttle mechanism을 형성하여 자기방전을 증대시키는 것으로 알려져 있다.⁵⁾ 그러나 부식을 억제하는 부동태막이 수소의 투과성을 저해하여서는 안된다.

4) 합금내에서의 수소화속도 및 수소산화에 대한 촉매능력

고율방전능력이 크려면 합금내부에서 전극반응이 일어나는 합금/전해액 계면으로의 수소화속도가 커야 하며, 또한 이 계면에서의 수소산화에 대한 표면 촉매능력이 커야 한다. 합금/전해액 계면에서 수소와 OH^- 이온의 반응은 합금표면에 존재하는 산화물의 특성, 즉 산화물의 기공도, 두께, 전기전도도, 촉매능력 등에 영향을 받으므로 산화물의 특성이 고율방전능력에 커다란 영향을 미치게 된다.

5) 수소가스와 수소화물을 형성할 수 있는 능력

과방전시 양극에서 발생하게 되는 수소가스를 원자 상태의 수소로 분해하여 음극내로 흡수시켜야 한다. 또한 과충전시 산소재결합이 매우 빠를지라도 특히 급속충전시에는 음극에서의 수소발생을 피할 수 없다. 충전이 끝났을 때, 발생한 수소압력을 감소시키기 위해서는 전극표면에서 분자수소가 원자수소로 쉽게 분해되어 음극에 흡수되어야 한다.

6) 초기활성화

조립된 상태의 전극표면에는 사용합금의 산소친화력이 크기 때문에 대기 중에서 제조 공정 도중에 치밀한 산화막이 생길 수 있다. 충방전시 합금의 팽창과 수축이 일어나 합금분말에 균열이 생겨 산화물이 적은 새로운 표면의 생성과 함께 전극의 표면적이 늘어나게 되어 전극이 활성화된다. 또한 V산화물 같이 전해액에 쉽게 용해되는 합금성분이 있는 경우에는 일부러 산화물을 용해시킴으로써 전극표면의 산화물의 구조가 수소가 더 잘 투과 할 수 있는 microporous한 구조로 되어 초기활성화가 쉬워지는 것으로 알려졌다.⁵⁾

7) 전극제조용 용이성

합금의 제조, 합금분말의 제조 및 전극제조용 용이성 등이 고려되어야 한다. 대형전지의 경우에는 다소 덜하지만, 소형전지용 전극으로 개발될 경우, 양산과정을 필요로 하므로, 전극제조시의 간편성은 전지의 가격을 결정하는 중요한 인자가 된다. 따라서, 현재의 제조공정인 소결식을 대체할 수 있는 간편한 공정을 사용할 수 있는 페이스트식 전극 제조법으로 전극의 제조가 가능하다면, 경제적 측면에서 매우 유리하게 된다.

8) 가격

원재료의 가격뿐만 아니라 전극 제조공정에서의 scrap 이나 폐기전지의 재사용성 등이 고려되어야 한다.

3. 기술개발현황

1970년대 초 Justi등⁶⁾이나 Gutjahr등에 의해서 LaNi₅, Ti-Ni계 수소저장 합금을 전극의 전극으로 사용하기 위한 시도가 있었으나 충·방전특성이 상당히 좋지 않았다. 그 후 1984년 Philips사의 Willems등⁷⁾은 LaNi₅계 합금을 이용한 전지system에 대해서 충·방전특성을 시험한 결과 사이클이 반복됨에 따라 전극이 퇴화되는 것을 관찰하였다. 그런데 LaNi₅계 합금은 La의 가격이 다른 원소(Ti, Cr, Fe, Mn, 등)에 비해 5~10배 이상 높기 때문에 현재는 대부분 MmNi₅계 합금을 개발하여 전극특성들을 크게 향상시켰으며 일본 등지에서 이미 상용화 되었다⁸⁾.

한편 OBC(Ovonic Battery Company)에서는 LaNi₅, MmNi₅계 합금의 에너지 밀도의 한계성을 지적하고 에너지 밀도가 높은 새로운 형태의 합금을 개발하였다⁹⁾. 이는 Zr-Ti-V-Ni계 합금으로서 250~300mAh/g의 용량을 갖는 AB₅계 합금보다 더 높은 350~400mAh/g을 가지고 있다. 또한 전극의 충방전 특성도 700 사이클 동안 10% 정도의 감소만이 일어나고 있는 등 우수한 전극특성을 보여주고 있다. 그러나 전극의 자기방전율이 AB₅계 합금보다 큰 것이 단점으로 나타나며 이를 개선시키기 위하여 원소치환, 분리막 교환, 전극의 표면처리등을 강구하고 있다.

최근에는 전기자동차용으로 Ni-MH전지가 개발되고 있으며 현재까지는 전기자동차에 탑재 가능한 전지 중에서 가장 우수하다고 할 수 있다. 즉 전기자동차용 전지에 적용시킬 만한 전지는 납축전지가 있으나 에너지 밀도(specific energy, wh/kg)가 낮아 일충전 주행거리가 짧아 전기자동차에 적용하는데는 한계가 있는 것으로 알려져 있다. 반면 Ni-MH전지는 에너지 밀도가 60wh/kg이상 출력밀도는 180w/kg이상이며 충방전 수명도 1000회 이상으로 상당히 우수한 것으로 알려져 있으므로 전기자동차용으로 적합하다고 할 수 있다. Table 1에 각 기업에서 개발된 전기자동차용 Ni-MH전지의 특성들을 나타내었다.

Table 1 Specifications for Ni-MH batteries

| Name Type | EVH-100 | MHB-100 | SYMH-100A | GP90EVH | NP60 |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|------------------|
| Company | Furukawa Battery Co. | Matsusita Battery Co. | Yuasa Corp. | Gold Peak Battery Ltd. | Varta Battery AG |
| Nominal Voltage(V) | 12 | 12 | 12 | 13.2 | 25 |
| Capacity(Ah) | 100(3HR) | 100 | 100(3HR) | 90 | 60(5HR) |
| Dimensions L×W×H(mm) | 302×170× 260 | 388×116× 175 | 388×116× 175 | 412×102× 179 | 429×163× 247 |
| Weight (kg) | 30 | 17.2 | 18.5 | 17.8 | 30 |
| Energy Density (Wh/kg) | 60 | 70 | 67 | 70 | 50 |

3-1. 전극용 수소저장합금

현재 전극용 수소저장합금으로 개발되었거나 연구되고 있는 합금은 크게 LaNi_5 나 MmNi_5 를 기본으로 하는 AB_5 , ZrMn_2 나 ZrV_2 등을 기본으로 하는 AB_2 계 및 Mg_2Ni 을 기본으로 하는 A_2B 계로 나눌 수 있다.

1) AB_5 계 합금

전지용 수소저장합금으로서 최초로 연구된 AB_5 계의 기본 조성은 LaNi_5 와 La를 비교적 가격이 싼 Mm(misch metal, 희토류원소의 혼합물)으로 치환한 MmNi_5 이다. LaNi_5 는 전극용량이 300 mAh/g 이상의 가능성을 갖는 합금으로 기대되지만 사이클 수명과 가격에 문제점을 갖고 있다. 사이클 수명은 La 또는 Ni의 일부를 다른 원소로 치환한 다원계 합금, 예를 들면 $\text{La}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{Ni}_{2.5}$ $\text{Co}_{2.4}\text{Si}_{0.1}$ 과 같은 합금으로 개선될 수 있는 것으로 보고되었다.⁷⁾

합금가격의 저렴화가 기대되고 있는 MmNi_5 합금은 수소평형압력이 40°C에서 30기압 정도로 높아 상온상압하에서의 충전이 곤란하기 때문에 전극용량이 매우 작다. 이러한 문제점은 Ni의 일부를 Mn, Al, Co 등으로 치환하여 MmNi_5 합금의 수소평형압력을 충전 가능한 영역까지 저하시켜서 200~300 mAh/g의 전극용량을 갖게 하고, 사이클 수명도 향상시킬 수 있는 것으로 알려졌다.^{10~11)}

2) AB_2 계 합금

AB_5 계보다 활성화는 느리지만 20~30%의 고용량화가 기대되는 합금으로서 $\text{TiMn}_{1.5}$, ZrMn_2 , ZrFe_2 , ZrV_2 , TiCr_2 등의 hcp구조의 $\text{MgZn}_2(\text{C14})$ 형 또는 fcc구조의 $\text{MgCu}_2(\text{C15})$

형의 Laves상 합금을 기본으로 한다. 전극용 수소저장합금으로의 개발은 위와 같은 Laves상 합금에 Ni을 첨가한 다원계 합금에 대하여 이루어져 왔다. AB₂계 합금에서 A 원소로는 Zr이나 Ti으로 되고 B원소로는 Ni, V, Mn, Cr, Al 등이 사용된다. AB₂계 합금중 상용화에 가장 근접해 있는 합금은 미국의 OBC (Ovonic Battery Company)에 의하여 개발된 Zr-Ti-V-Ni계 합금으로서 C14 Laves상을 주로 하는 다상합금이다. 이 합금계에서는 VOx의 알칼리 전해액에서의 용해가 조절되지 못하면 전지수명의 저하 및 자기방전(self discharge)율이 증대하게 되는 문제점이 있다. 따라서 현재는 Zr-Ti-V-Ni에 Cr을 첨가한 Zr-Ti-V-Ni-Cr을 기본으로 하는 합금에 Co, Fe, Mn, Al등을 첨가하여 전지수명, 전지내압, 고율충방전능력, 자기방전을 등에 관련된 전극특성을 향상시킨 전극용 수소저장합금이 보고되었다.¹²⁾

3) A₂B계 합금

오래전부터 Mg계 수소저장합금은 수소저장량이 높고, 가벼우며, 자원이 풍부하여 저가격화가 가능한 것으로 에너지 전환 및 저장용으로 각광을 받고 있다. 그러나 상압하에서 수소를 흡장, 방출하기 위해서는 Mg₂Ni인 경우 250℃이상의 고온에서 작동해야하는 단점이 있다. 근래 MA(Mechanical Alloying) 방법으로 제조한 Mg₂Ni 합금이 보다 낮은 온도에서 수소의 흡장, 방출이 가능하다는 보고와 함께, 전기화학적 충방전 특성이 상온에서도 가능하다는 보고가 나왔다.¹³⁻¹⁵⁾ 이 보고에 따르면 MA로 제조한 A₂B계 수소저장합금의 방전용량이 500mAh/g 이상으로 나타나 전지의 고용량화를 가능케 할 것으로 기대된다. 그러나 사이클수명은 매우 저조하기 때문에 현재로서는 전지용으로 사용하기 어려우나, 적절한 금속원소의 첨가 및 표면처리에 의하여 사이클수명 문제가 어느 정도 해결될 것으로 전망되므로, 앞으로 이에 대한 많은 연구가 이루어질 것으로 기대된다.

3-2. 니켈전극

알칼리전지용 니켈전극으로는 pocket식과 소결식 니켈전극이 상용화되어 있으나 근래에는 발포상 니켈을 사용한 페이스트식 니켈전극의 개발에 관심이 모아지고 있다¹⁶⁾.

Pocket식은 다공성 강판제 용기에 활물질인 수산화니켈(II), 도전체인 흑연 및 니켈분말을 충전한 것으로 극판의 기계적 강도는 높으나, 활물질과 도전체 사이의 전기적 접촉이 불량하기 때문에 급속충방전이 곤란하다.

소결식전극은 활물질 지지체인 다공질 니켈분말 소결체의 기공 내에 질산니켈 수용액으로 부터 화학적 함침 혹은 전기화학적 함침에 의하여 활물질인 수산화니켈(II)을 석

출 밀착시켜서 제조하는 것이다. 이러한 소결식전극은 활물질이 도전성 기공내에 강하게 부착되어 있으므로 고율방전특성이 우수하고 수명이 긴 장점이 있다. 그러나 이 방법은 제조 공정이 복잡하고 가격이 비싸며, 고용량화에 문제점을 나타내고 있다.

상기의 문제점을 보완한 발포상니켈을 사용한 페이스트식 니켈전극은 고다공도(95% 정도)를 가진 발포상니켈판을 기지로 하여 활물질인 수산화니켈분말과 도전성분말을 페이스트화 하여 직접 충전하는 방법에 의하여 제조되는 것으로 높은 에너지 밀도를 나타내고 있다. 이 전극에서는 발포상니켈판의 두께, 다공도, 기공크기, 페이스트조성 및 충전방식 등이 중요하다¹⁷⁾.

니켈전극 열화의 주된 요인으로 알려진 전극팽윤은 β -NiOOH의 γ -NiOOH에로의 변화과정에서 일어나는 것으로 알려져 있으며, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 첨가제 등을 첨가하는 방법이 보고되었다¹⁸⁾. 또한 고율방전특성의 개량과 활물질을 보다 고밀도로 충전하기 위하여 내부세공면적이 적은 수산화니켈 분말을 이용한 니켈전극에 대한 연구결과도 보고되었다¹⁹⁾.

근래에는 고온에서의 니켈전극특성을 향상시키기 위하여 수산화코발트와 수산화카드뮴 및 수산화아연을 공침시켜 제조한 수산화니켈로 니켈전극을 제조하는 방법이 보고되었다²⁰⁾.

실제 충방전시 니켈의 산화상태는 +2.3 에서 +3.0~+3.7 사이로 변화하게 되는데 따라서 용량은 200~400 mAh/g(이론용량의 70~140%)가 될 수 있다. 그러나 높은 산화상태에서는 자기방전이 심하고 가역성이 떨어져서 전극수명이 저하되므로 실제 공침된 수산화니켈인 경우 이용 가능한 용량은 240~250 mAh/g 정도이다. 수산화니켈은 밀도가 작으므로 단위체적당 용량이 매우 낮아서 실제 전지의 전체 용적의 많은 부분을 차지하게 되어 소형 전지에서는 니켈양극의 용량에 의해서 전체 전지의 용량이 결정되는 실정이다. 또한 수산화니켈은 수소저장합금에 비하여 단위무게당 용량이 낮기 때문에 전기자동차용 전지에서도 전체 전지의 용량을 좌우하고 있다. 따라서 전지의 고성능화를 위해서는 성능이 우수한 수산화니켈의 개발이 필수적이라고 할 수 있다.

4. 연구개발방향

Ni-MH 2차전지는 여러 가지 장점을 가지고 있지만 아직까지 해결해야할 문제점들이 있으며 따라서 최근에는 이러한 문제점들을 해결하는 방향으로 연구가 진행되고 있다.

전기자동차용 Ni-MH전지의 실용화 및 고성능화를 위해 해결해야 할 문제점 및 연구개발방향은 다음과 같다.

첫째 단위무게당, 단위부피당 방전용량을 증가시켜야 한다. 현재 MH전극의 방전용량을 증가시키기 위해 새로운 종류의 수소저장합금을 개발하고 있다. 현재 400mAh/g 이상 고용량의 MH전극이 개발되고 있는데 용량의 한계가 있는 AB₅계의 합금보다는 AB₂계열의 전극으로의 개량이 이루어지고 있다. 그러나 AB₂계열의 Zr-Ti-V-Ni-Cr-M (M:Mn, Co, Fe, Al, Cu)합금의 가격이 고가이므로 고가의 물질을 대체할 수 있는 방향으로의 연구가 진행되어야 할 것이다. 한편 니켈전극의 용량을 증가시키기 위해서는 고밀도이며 균일한 크기의 수산화 니켈을 개발하는 것이 중요할 것으로 생각된다.

두번째로는 전지의 자기방전율을 감소시켜야 한다. 실제로 현재 개발된 전지의 자기방전율이 일반적으로 20%/week 이상으로 크다. 따라서 이와 같이 높은 자기방전율 때문에 전지를 사용하지 않고 오래 방치하는 경우 전극이 퇴화되어 전지를 사용할 수 없게 된다. 이와 같은 자기방전의 원인은 불순물의 shuttle 반응에 의한 것과 금속수소전극으로부터 발생한 수소가 니켈전극에서 환원되어 Ni(OH)₂를 형성시키는 반응 때문으로 알려져 있다. 불순물의 shuttle반응인 경우는 주로 polyamide계 분리막을 사용할 때 분리막에서 용해되는 질소화합물 이온의 셔틀반응에 의한 것으로 최근에는 polypropylene, polyolefine등의 분리막의 사용이 시도되고 있다. 다음으로 금속수소전극으로부터 발생한 수소에 의해 일어나는 자기방전인 경우는 자연적인 현상으로 이를 해결하기 위해서는 금속수소화물의 수소평형압력을 개선시키던가 금속수소전극을 표면처리함으로써 금속수소화물의 격자내에 있는 수소가 외부로 방출되지 않도록 하는 연구가 수행되어야 한다.

세번째는 전지의 내부압력을 감소시켜야 한다. 전지의 내부압력의 증가는 전극에서의 가스 발생속도가 소비속도에 비해 높을 때 나타나는 것으로 일반적으로 활성화초기 및 충전중에 MH전극의 충전효율 저하로 인해 생기는 수소와 과충전시 니켈 전극에서의 산소발생반응이 Ni-MH전지의 내부압력증가의 원인으로 알려져있다. 저충전효율에 의한 수소발생은 MH전극의 충전효율을 높이는 합금을 개발하면 해결할 수 있으며 과충전시 발생하는 가스발생을 억제하기 위해서는 적절한 충전알고리즘을 찾는 것이 필요하다. 또한 전기자동차용으로 전지를 사용하는 경우 충전시간을 단축하기 위해 급속충전을 할 필요가 있으므로 급속충전시에도 가스 발생을 최소화하는 충전방법을 찾아야만 한다.

네번째는 전지의 수명을 향상시켜야 한다. 전지의 수명이 감소하는 원인은 여러 가지가 있으나 그 가운데 충전말기 니켈전극에서 발생하는 산소에 의해 금속수소 전극이 산화되어 전지의 수명이 감소하게 되거나 금속수소전극내에 있는 수소와 반응하여 물을 형성하여 금속수소전극의 용량을 감소시킬 수 있다. 따라서 전지의 수명을 증대시키

기 위해서는 가스의 발생을 억제하거나 발생한 가스를 재결합하는 방법에 관한 연구를 수행하는 것이 필요하다. 실제로 MH합금에 구리와 같이 미세전류를 흐를 수 있도록 하는 물질을 코팅하여 충전효율을 향상시켰으며, 최근에는 발생한 가스를 재결합시키기 위한 연구도 진행되고 있다.

다섯번째로는 전지의 가격을 낮추어야 한다. 현재 Ni-MH전지는 Ni-Cd전지보다 다소 고가이며 전기자동차용 납축전지에 비해 가격이 세배이상 높다. 따라서 전지의 가격을 낮추기 위해서는 저가의 전극재료를 사용한 전지를 개발해야 하며 또한 전지를 재사용하는 기술을 개발하여야 할 것으로 사료된다.

5. 결론

Ni-MH전지는 기존의 Ni-Cd전지에 비해 높은 에너지 밀도를 가지고 있으며 또한 공해물질인 카드뮴을 사용하지 않으므로 환경을 오염시키지 않는 전지로 현재 가전기기 및 노트북 컴퓨터에 사용되는 소형전지뿐 아니라 전기자동차에 탑재하여 에너지원으로 사용하는 대형전지까지 많은 연구가 진행되고 있으며, 현재 소형전지 일부와 전기자동차용전지 일부가 시판되고 있다. 그러나 앞으로 현재보다 성능이 우수한 전지의 대량생산 및 완전한 상용화를 위해서는 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

1. 전기자동차용으로 사용하기 위해서는 전지의 용량이 60wh/kg 이상이어야 한다.
2. 전지의 수명이 1000회 이상이 되어야 한다.
3. 전지의 수명을 급격히 감소시키지 않으면서 급속충방전이 가능하여야 한다.
4. 자기방전율이 10%/week 이하가 되어야 한다.
5. 충전조건을 최적화 하여야 한다.
6. 출력밀도가 저온에서 급격히 감소하지 않아야 한다.
7. 전지의 가격이 \$300/Kwh 이하가 되어야 한다.

아직까지는 상기의 조건을 모두 만족시키는 전지는 개발되어 있지 않으나 현재의 기술 수준, 선진국들의 기술개발 의욕 및 환경오염 물질에 대한 규제가 급격히 증가되고 있는 현실에 비추어 볼 때 앞으로 수년 내에 상기의 조건을 모두 갖춘 전지가 개발될 것으로 전망된다.

참고문헌

1. A. Ohta, I. Matsumoto, M. Ikoma, and Y. Moriwaki, *Denki Kagaku*, 60-8, 688 (1992).
2. N. Furukawa, Abstract No. 48, *The Electrochemical Society Extended Abstracts*, p72, Honolulu, Hawaii, May 16-21, (1993).
3. S. Ovshinsky, M. Fetcenko, and J. Ross, *Science*, 260, 176 (1993).
4. C. Wagner, *Acta Metall.*, 19, 843 (1971).
5. M. Fetcenko, S. Venkatsan, and S. Ovshinsky, *Proceedings of the Symposium on Hydrogen Storage Materials, Batteries and Electrochemistry*, The Electrochemical Society, 141 (1992).
6. E. Justi, H. Ewe, A. Kalberlah et al., *Energy Conversion*, 10, 183 (1970).
7. J. J. G. Willems, *Philips J. Research*, Vol.39 Suppl. No.1 (1984).
8. Yong-Quan Lei et. al., *J. Less-Common Metals*, 172-174, 1265 (1991).
9. U.S. Pat. Nov. 5, 4,551,400 (1985).
10. H. Ogawa, M. Ikoma et al., *Power Sources*, 12, 393 (1988).
11. T. Sakai, T. Hazama et al., *J. Less-Common Metals*, 172-174, 1175 (1991).
12. M. Fetcenko, U.S. Pat. 5,096,667 (1992).
13. C. Iwakura and H. Inoue, *The 2nd Japan-Korea Seminar on Advanced Batteries*, 30 (1997).
14. S. R. Ovshinsky and M. A. Fetcenko, U.S. Pat. 5,506,069 (1996).
15. S. R. Ovshinsky et al., U.S. Pat. 5,554,456 (1996).
16. 高橋祥夫, 二又政之, *大阪工業技術試験所季報*, 37, 125 (1986).
17. 押谷 外, *第27回 電池討論會*, 47 (1986).
18. M. Oshitani, Y. Sasaki and K. Takashima, *J. Power Sources*, 12, 219 (1984).
19. M. Oshitani et al., *Denki Kagaku*, 57, 480 (1989).
20. 園田輝男, 安田秀雄, *第32回 電池討論會豫稿集*, 183 (1991).

